Agricultural Sci. J. 45 : 3/1 (Suppl.) : 293-296 (2014) ว. วิทย. กษ. 45 : 3/1 (พิเศษ) : 293-296 (2557)

การคัดแยกความผิดปกติของเมล็ดข้าวโพดโดยใช้เทคนิค Near Infrared (NIR) Spectroscopy

Classification of Maize Disorder Using Near Infrared (NIR) Spectroscopy

ยุรนันท์ บรรทัดจันทน์[1] รณฤทธิ์ ฤทธิรณ[1,2] เวรุกา มานะวิจิตวนิช[1] สุรีพร ณรงค์วงศ์วัฒนา[1] และ ศุทธหทัย โภชนากรณ์[1]

Yuranan Bantadjan[1], Ronnarit Rittion[1,2], Weruka Manawijitwanit[1], Sureeporn Narongwongwattana[1] and Suttahatai Pochanagorn[1]

Abstract

Maize is the main component of feed which is purchased from farmers. Their price depends on the quality and maize disorder, for instance damages, moldy, weevil damaged, broken, undeveloped and others. Currently factories inspect the maize disorder with naked eye of experts. This can cause error easily because of exhaustion, personal feelings, etc. Therefore, this research developed models for classification of maize disorder by near infrared (NIR) spectroscopy. Models are relationship between disorder groups and absorbance data in near infrared region. Maize kernels were measured by FT-NIR spectrometer using reflectance mode in the wavenumber region of 12,500 - 4,000 cm^{-1}. From the result, it was found that model developed with measurement system of reflectance with the germ down and identity test method (IDENT) could separate damaged kernels into 3 groups including moldy, physical damage and good kernel correctly 89.19%, 76.98% and 76%, respectively.

Keywords: Maize disorder, classification, near infrared

บทคัดย่อ

เมล็ดข้าวโพดเป็นส่วนประกอบหลักในอาหารสัตว์ ปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมผลิตอาหารสัตว์รับซื้อเมล็ดข้าวโพดมาจากเกษตรกร โดยราคาการรับซื้อขึ้นอยู่กับคุณภาพและปริมาณความผิดปกติแต่ละประเภท ซึ่งในเมล็ดข้าวโพดมีความผิดปกติหลายประเภทเช่น เชื้อรา เมล็ดงอก เมล็ดไหม้ และความผิดปกติอื่นๆ ปะปนอยู่กับเมล็ดดี (เมล็ดที่ไม่มีความผิดปกติ) ปัจจุบันโรงงานจะใช้วิธีการสุ่มตรวจสอบด้วยตาเปล่าจากผู้ที่มีประสบการณ์ ซึ่งอาจเกิดความผิดพลาดได้ง่าย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสร้างแบบจำลองการคัดแยกความผิดปกติด้วยเทคนิค near infrared (NIR) spectroscopy โดยสร้างความสัมพันธ์ของความผิดปกติกับการดูดกลืนพลังงานย่านใกล้อินฟราเรดที่วัดได้จากเครื่อง FT- near infrared (NIR) spectroscopy ในระบบการวัดแบบสะท้อนกลับในช่วงเลขคลื่น 12,500 – 4,000 cm^{-1} จากการวิเคราะห์ผลพบว่าสามารถคัดแยกเมล็ดข้าวโพดออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มความผิดปกติจากเชื้อรา กลุ่มความผิดปกติกายภาพ และกลุ่มเมล็ดดี การสร้างแบบจำลองการคัดแยกความผิดปกติของเมล็ดข้าวโพดด้วยวิธี identity test method (IDENT) ในระบบการวัดแบบสะท้อนกลับ ด้านที่มีจมูกข้าวโพด ผลการสร้างแบบจำลองสามารถทำนายกลุ่มความผิดปกติจากเชื้อราถูกต้อง 89.19% กลุ่มความผิดปกติกายภาพถูกต้อง 76.98% และกลุ่มเมล็ดดีถูกต้อง 76%

คำสำคัญ: ความผิดปกติของเมล็ดข้าวโพด, การคัดแยก, อินฟราเรดย่านใกล้

คำนำ

ข้าวโพด (Maize) จัดเป็นวัตถุดิบหลักในอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ คุณภาพของข้าวโพดเป็นสิ่งสำคัญในกระบวนการผลิตอาหารสัตว์ การปฏิบัติที่ไม่ดีหลังการเก็บเกี่ยวสำหรับเมล็ดข้าวโพดแห้ง จะส่งผลให้เกิดความผิดปกติกับเมล็ดข้าวโพด สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ (มกอช.) ได้กำหนดคุณภาพเมล็ดข้าวโพดแห้งที่ใช้เป็นอาหารสัตว์หรือวัตถุดิบอาหารสัตว์ (มกษ. 4002-2552, 2552) วิธีการวิเคราะห์เมล็ดข้าวโพดแห้งสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม จะดำเนินการโดยบุคลากรที่มีทักษะในการตรวจพินิจและประเมินทางประสาทสัมผัสด้านสายตา เมล็ดที่มีความผิดปกติจะถูกแยกออกและแบ่งกลุ่มความผิดปกติ ข้อเสียของวิธีนี้คือเป็นการวิเคราะห์แบบอัตวิสัย ใช้เวลานานและอาศัยความชำนาญงาน อีกทั้งไม่สามารถแยกเมล็ดเสียจากเชื้อราในระยะต้นได้ (William *et al*., 2012) เนื่องจากไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า ซึ่งการปนเปื้อนในรูปแบบของสารพิษจากเชื้อราสามารถก่อมะเร็งทั้งในมนุษย์และสัตว์

[1] ภาควิชาวิศวกรรมการอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ นครปฐม 73140

[1] Department of Food Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaengsaen, Kasetsart University, Nakhon Pathom 73140

[2] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10400

[2] Postharvest Technology Innovation Center, Office of the Higher Education Commission, Bangkok 10400

Near Infrared (NIR) spectroscopy เป็นเทคนิคบนพื้นฐานของการดูดกลืนแสงย่านใกล้อินฟราเรดของสารประกอบอินทรีย์และน้ำ ข้อดีของเทคนิคนี้คือการเตรียมตัวอย่างเพียงเล็กน้อยหรือไม่ต้องเตรียม ให้ผลการวิเคราะห์ที่รวดเร็วและน่าเชื่อถือ โดยไม่ทำลายตัวอย่าง ไม่ใช้สารเคมีหรือทิ้งสารตกค้าง อย่างไรก็ตาม NIR ได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้งาน สำหรับการวิเคราะห์ข้าวโพดทีละเมล็ด ตัวอย่างเช่น การวิเคราะห์ปริมาณน้ำมัน โปรตีน และปริมาณแป้ง (Spielbauer *et al.*, 2009) ความสามารถในการวิเคราะห์เทียบมาตรฐานชี้ให้เห็นว่าเทคนิค NIR เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบในเมล็ดข้าวโพด โดยให้ผลการวิเคราะห์ที่แม่นยำไม่แตกต่างจากการวิเคราะห์วิธีมาตรฐาน ดังนั้นวัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือสร้างแบบจำลองการคัดแยกความผิดปกติของเมล็ดข้าวโพดด้วยเทคนิค NIR เพื่อใช้กำหนดราคารับซื้อในเชิงพาณิชย์

อุปกรณ์และวิธีการ

ตัวอย่างเมล็ดข้าวโพดที่นำมาใช้ในงานวิจัยเป็นเมล็ดข้าวโพดที่ได้รับมาจากห้องปฏิบัติการบางนา กม.21 บริษัท ซีพีเอฟ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) โดยแบ่งกลุ่มเมล็ดข้าวโพดออกเป็น 14 กลุ่ม (Table 1) ประกอบด้วยกลุ่มเมล็ดที่มีความผิดปกติ 13 กลุ่ม และกลุ่มเมล็ดปกติ 1 กลุ่ม จำนวนทั้งหมด 262 เมล็ด ทำการวัดสเปกตรัมทีละเมล็ด โดยวิธีการวัดแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือแบบที่ 1 ให้แสงแสงส่องมายังตัวอย่างด้านที่มีจมูกข้าวโพด (germ down) และแบบที่ 2 ให้แสงส่องมายังด้านที่ไม่มีจมูกข้าวโพด (germ up) โดยใช้เครื่อง FT-near infrared spectrometer รุ่น MPA ที่มีช่วงเลขคลื่น 12,500 - 4,000 cm^{-1} ในระบบการวัดแบบสะท้อนกลับร่วมกับ integrating sphere สเปกตรัมที่ได้มาจากสเปกตรัมเฉลี่ย 16 สแกน และทำการวัด background หลังจากการวัดทุกๆ 5 ตัวอย่าง หลังจากทำการวัดสเปกตรัมแล้ว เส้นสเปกตรัมที่ได้จากการวัดทั้งสองด้านนำมาวิเคราะห์เพื่อเลือกเส้นสเปกตรัมที่แสดงตำแหน่งการดูดกลืนที่ชัดเจน สำหรับนำมาสร้างแบบจำลองการคัดแยก การสร้างแบบจำลองการคัดแยกใช้วิธี identity test method (IDENT) ร่วมกับ full cross validation และแบบจำลองที่สร้างขึ้นถูกทดสอบความถูกต้องด้วยตัวอย่างในกลุ่มที่ใช้สร้างแบบจำลอง

Table 1 Maize disorder types and amount of kernels used for model development

Groups	Types	Amount of kernels	Germ down	Germ up
1	white mold defect	12		
2	brown mold defect	19		
3	black mold defect	20		
4	purple mold defect	14		
5	mold damage	26		
6	grayish-green powdery mold defect	20		
7	fermented seed	26		
8	heat damage	19		
9	weevil borer damage	20		
10	weevil pathway damage	13		
11	white streaks damage	13		
12	sprouted damage	20		
13	seed rot	15		
14	normal kernels	20		

ผล

สเปกตรัมเฉลี่ยทั้ง 14 กลุ่มของเมล็ดข้าวโพด ที่ได้จากการวัดด้วยเครื่อง FT-NIR spectrometer ในระบบการวัดแบบสะท้อนกลับ แสดงดัง Figure 1 เพื่อทำการเลือกเส้นสเปกตรัมที่ดีที่สุด จึงพิจารณาจากด้านที่ทำการวัด คือ ด้านที่ไม่มีจมูกข้าวโพด และด้านที่มีจมูกข้าวโพด พบว่าเส้นสเปกตรัมที่ได้ทั้งด้านการวัดที่ไม่มีจมูกข้าวโพด (Figure 1a) และมีจมูกข้าวโพด (Figure 1b) แสดงตำแหน่งการดูดกลืนที่ชัดเจนในตำแหน่งเดียวกัน คือ ที่ตำแหน่งการดูดกลืน 8316 cm^{-1} 6843 cm^{-1} และ 5184 cm^{-1} ดังนั้นจึงนำข้อมูลสเปกตรัมแต่ละชุดมาสร้างแบบจำลองการคัดแยก

การสร้างแบบจำลองการคัดแยกความผิดปกติของเมล็ดข้าวโพดด้วยวิธี IDENT ร่วมกับ full cross validation จากการวิเคราะห์ผลเบื้องต้น พบว่าระบบการวัดด้านที่มีจมูกข้าวโพด ให้ผลการคัดแยกดีที่สุด โดยแบบจำลองสามารถคัดแยกกลุ่มความผิดปกติของเมล็ดข้าวโพดได้ทั้งหมด 11 กลุ่มจากทั้งหมด 14 กลุ่ม กลุ่มที่ไม่สามารถคัดแยกได้ คือกลุ่ม 8, 12 และ 13 ทำให้แบบจำลองการคัดแยกที่สร้างขึ้น ยังให้ผลที่ไม่น่าเชื่อถือหรือมีความผิดพลาดสูง

จึงพิจารณาจัดกลุ่มใหม่ โดยใช้ข้อมูลสเปกตรัมเดิม และทำการแบ่งกลุ่มความผิดปกติออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มความผิดปกติจากเชื้อรา (กลุ่มที่ 1-6) กลุ่มความผิดปกติกายภาพ (กลุ่มที่ 7-13) และกลุ่มเมล็ดดี (กลุ่มที่ 14) ผลปรากฏว่าแบบจำลองที่ 1 ที่สร้างขึ้นใหม่ สามารถคัดแยกกลุ่มความผิดปกติจากเชื้อราได้ และกลุ่มความผิดปกติกายภาพได้เพียงบางส่วน จึงทำการสร้างแบบจำลองที่ 2 เพื่อช่วยในการคัดแยก พบว่าสามารถคัดแยกกลุ่มความผิดปกติกายภาพได้เพิ่มเติม แต่ยังไม่ทั้งหมด จึงได้ทำการสร้างแบบจำลองที่ 3 ขึ้น ผลปรากฏว่าสามารถคัดแยกกลุ่มความผิดปกติกายภาพที่เหลือได้จนครบและกลุ่มเมล็ดดีได้ โดยผลการวิเคราะห์การคัดแยกกลุ่มความผิดปกติจากเชื้อราได้ถูกต้อง 89.19% กลุ่มความผิดปกติกายภาพถูกต้อง 76.98% และกลุ่มเมล็ดดีถูกต้อง 76%

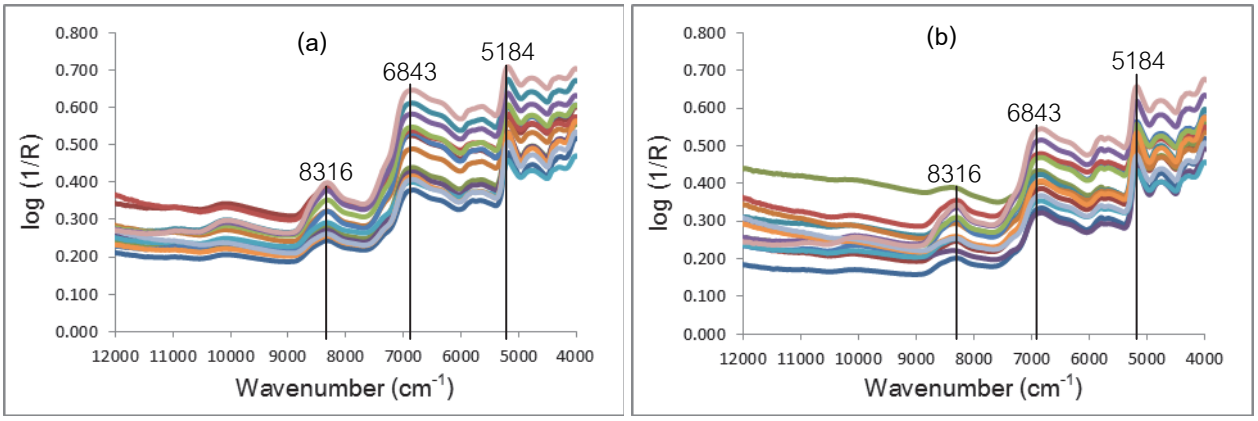

Figure 1 Average original spectrum of maize kernels acquired by reflectance system: (a) for germ up (b) for germ down

วิจารณ์ผล

จาก Figure 1a และ 1b แสดงตำแหน่งการดูดกลืนที่ชัดเจน ที่ตำแหน่ง 8316 cm^{-1} ซึ่งสอดคล้องกับตำแหน่งการดูดกลืนของโครงสร้างคาร์โบไฮเดรต และที่ตำแหน่ง 6843 cm^{-1} และ 5184 cm^{-1} สอดคล้องกับตำแหน่งการดูดกลืนของ Amide amino acid ซึ่งเป็นโครงสร้างของโปรตีน (Osborne *et al*., 1993) ดังนั้นจึงนำข้อมูลสเปกตรัมที่ได้จากการวัดทั้งด้านที่มีจมูกข้าวโพดและไม่มีจมูกข้าวโพด มาสร้างแบบจำลองการคัดแยก

แบบจำลองการคัดแยก 14 กลุ่ม ด้วยวิธี IDENT ร่วมกับ full cross validation จากผลการวิเคราะห์เบื้องต้น พบว่าระบบการวัดแบบสะท้อนกลับ ด้านการวัดที่มีจมูกข้าวโพด ให้ผลการคัดแยกดีที่สุด เพราะเป็นด้านที่ปรากฏลักษณะความผิดปกติที่เห็นได้ด้วยตาเปล่าชัดเจนกว่าด้านที่ไม่มีจมูกข้าวโพด (Table 1) ทำให้ค่าการดูดกลืนแสงของแต่ละกลุ่มความผิดปกติแตกต่างกัน (Figure 1a และ 2b) นอกจากนี้ยังพบว่ากลุ่มเมล็ดไหม้ (กลุ่มที่ 8) เมล็ดงอก (กลุ่มที่ 12) และเมล็ดเน่า (กลุ่มที่ 13) ไม่สามารถคัดแยกได้ เนื่องมาจากการกระจายตัวของข้อมูลที่มีความแปรปรวนสูง แต่หลังจากจัดกลุ่มใหม่ โดยใช้ประเภทของความผิดปกติเป็นเกณฑ์ จำนวน 3 กลุ่ม ได้แก่กลุ่มความผิดปกติจากเชื้อรา กลุ่มความผิดปกติกายภาพ และกลุ่มเมล็ดดี พบว่าสามารถลดความแปรปรวนของกลุ่มตัวอย่างได้ จากผลการวิเคราะห์หลังจากจัดกลุ่มใหม่ พบว่าสามารถคัดแยก

กลุ่มความผิดปกติจากเชื้อราถูกต้อง 89.19% กลุ่มความผิดปกติกายภาพถูกต้อง 76.98% และกลุ่มเมล็ดดีถูกต้อง 76% ทั้งนี้เนื่องมาจากวิธี IDENT เป็นแบบจำลองการคัดแยกที่สามารถสร้างเป็นโครงสร้างได้ เพราะเมื่อคัดแยกกลุ่มใดกลุ่มหนึ่งออกจากกลุ่มทั้งหมดได้ใน model หลัก สามารถนำข้อมูลส่วนที่คัดแยกไม่ได้เข้าสู่ model ย่อยในลำดับต่อมา เพื่อทำการคัดแยกต่อไป กระทั่งสามารถคัดแยกกลุ่มได้ครบทุกกลุ่ม อีกทั้งแต่ละ model ที่สร้างขึ้นทั้งใน model หลักและ model ย่อย สามารถกำหนดกฎเกณฑ์ วิธีการ การปรับแต่งเส้นสเปกตรัม และเลือกช่วงเลขคลื่นที่เหมาะสมสำหรับการคัดแยกแต่ละกลุ่มได้

สรุป

แบบจำลองการคัดแยกกลุ่มความผิดปกติของเมล็ดข้าวโพดที่ได้จากการวัดในระบบการวัดแบบสะท้อนกลับของด้านที่มีจมูกข้าวโพดที่สร้างขึ้นด้วยวิธี IDENT ให้ผลคัดแยกกลุ่มความผิดปกติที่ดีที่สุด โดยสามารถคัดแยกกลุ่มความผิดปกติจากเชื้อรา กลุ่มความผิดปกติกายภาพ และกลุ่มเมล็ดดีได้ถูกต้อง 89.19% 76.98% และ 76% ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณห้องปฏิบัติการบางนา กม.21 บริษัท ซีพีเอฟ (ประเทศไทย) จำกัด (มหาชน) ที่สนับสนุนทุนและตัวอย่างเมล็ดข้าวโพดในการทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

มกษ. 4002-2552. 2552. มาตรฐานสินค้าเกษตร ข้าวโพดเมล็ดแห้ง. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์

Osborne, B.G, T. Fearn and P.H. Hindle. 1993. Practical NIR Spectroscopy with applications in food and beverage analysis. Longman Singapore Publishers (Pte) Ltd. Singapore. 29-33

Spielbauer, G., P. Amstrong, J.W. Baier, W.B. Allen, K. Richradson, B. Shen and M. Settles. 2009. High-throughput near – infrared reflectance spectroscopy for predicting quantitative and qualitative composition phenotypes of individual maize kernels. Cereal Chemistry 86(5): 556–564.

William, P.J., P. Geladi, T.J. Britz and M. Manley. 2012. Investigation of fungal development in maize kernels using NIR hyperspectral imaging and multivariate data analysis. Cereal Science 55(3): 272-278